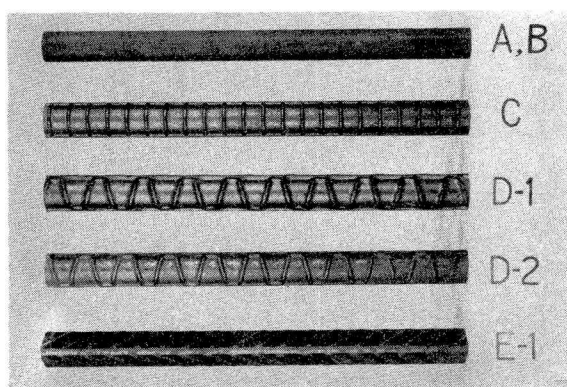


高張力異形鉄筋の土木構造物への利用に関する基礎研究

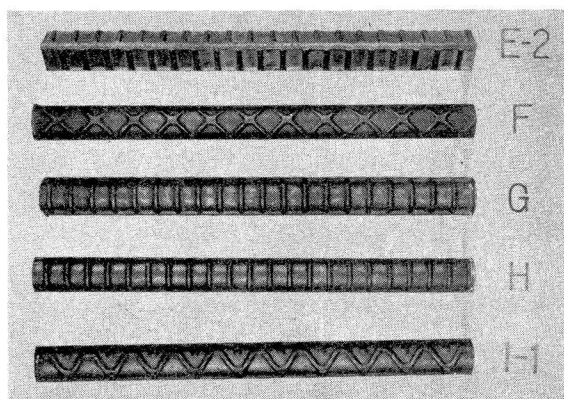
国 分 正 確^{*}
河 野 通 之^{**}

1. 土木学会コンクリート委員会における諸研究

土木学会コンクリート委員会では異形鉄筋実験研究小委員会を組織し、3年にわたり各種高張力異形鉄筋の広汎な共通試験を行なっている。すなわち、試作品を含めて17種の高張力異形鉄筋（写真-1参照）について、その張力・耐疲労性・コンクリートとの付着性状等を綿密に試験すると共に、これらを用いた鉄筋コンクリートばりの静的曲げ試験ならびに繰返し曲げによる疲労試験を行って検討を重ねて



写 真 1



写 真 2

* 国分正胤（土木学会コンクリート委員会委員長・東大教授・工博）

** 河野通之（土木学会コンクリート委員会主査・国鉄構造物設計事務所長・工博）

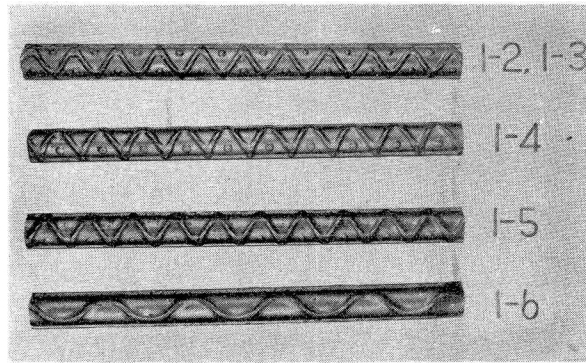


写真 3

いる。また北大、東北大、京大、九大等の土木教室その他研究機関に於ても各種高張力異形鉄筋について独自の研究が活潑に行われており、土木学会の異形鉄筋シンポジウム⁽¹⁾・年次学術講演会⁽²⁾等に報告されている。これらの研究結果は11月頃迄に詳細に亘って公表されることになっている。⁽³⁾⁽⁴⁾

土木学会コンクリート委員会における研究の重点は次の3つの点におかれている。

- 1) 鉄筋コンクリートばりの曲げひび割れに関する研究
- 2) 付着試験方法に関する研究
- 3) 疲労強度に関する研究

以下、これらの研究結果について概要をのべることにする。

(1) 一般に高張力鋼の許容応力度はその降伏点に比例して高くとることができるが、土木構造物の鉄筋コンクリート部材に用いる鉄筋に於ては、鋼材の静的な強度の外に、コンクリートに生ずる曲げひびわれおよび鋼材の疲労強度によっても許容応力度は制限を受ける。それで先ず鉄筋コンクリートばりに生ずる曲げひびわれについて検討した。即ち、土木構造物に多く用いられている直径25mm、および32mmの異形鉄筋を使用して実物大に近い試験ばりを製作して曲げ試験を行った。この試験ばりはスパン5m、全長6m、はり高さ80cm、圧縮フランジの巾1mのT形断面で数社の異形鉄筋を用いてそれぞれ試験した。曲げ試験には建設省土木研究所の500ton試験機を用いた。鉄筋の応力度が1000~3000Kg/cm²以上になるとひびわれが発生し、ひびわれ発生後における鉄筋の応力度は慣用設計式で計算した値に比較的よく一致した。鉄筋応力度とひびわれ幅との関係の一例を示すと図-1のようになる。ひびわれ幅は測定方法および測定位置によって若干異なってくるが、鉄筋位置におけるはり腹部側面のひびわれ幅を一応の規準としてひびわれ幅と鉄筋の応力度との関係を示したのである。この図には鉄筋応力度にほぼ比例してひびわれ幅が増加していることが示されており、また異形鉄筋を用いたはりとは普通丸鋼を用いたはりより、ひびわれ幅が小さいことが示されている。この実験結果から、鉄筋応力度が1000Kg/cm²、2000Kg/cm²の場合のひびわれ幅を求めると、異形鉄筋の場合は、0.07~0.10mm、0.15~0.20mm、0.25~0.30mmであり、普通丸鋼の場合は0.11~

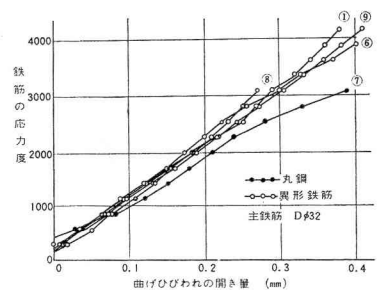


図-1 ひびわれの開き量と鉄筋の応力度との関係

0.12mm、0.21~0.26mm、0.38~0.42mmであった。即ち異形鉄筋は普通丸鋼よりひびわれに対して約1.4倍有効であることが認められたのである。この関係は東大その他で行われた試験結果とも一致している。また鉄筋の応力度と最大のひびわれ巾との関係は次式としても実用上支障無いことが示された。

$$\text{異形鉄筋の場合： } \sigma_s = 1.4 k (6 - \phi) \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{普通丸鋼の場合： } \sigma_s = k (6 - \phi) \text{ Kg/cm}^2$$

$$k = \begin{cases} \text{最大ひびわれ幅} & 0.1 \text{ mm} \text{ に対して } 2.5 \\ & 0.2 \text{ mm} \quad \quad \quad 5.0 \\ & 0.3 \text{ mm} \quad \quad \quad 7.5 \end{cases}$$

$$\phi = \text{鉄筋の直径 (cm)}$$

この試験に用いた異形鉄筋は代表的メーカー数社のもので JISG3112 の規定に合するものであるがこの実験結果からはデフォーメーションの種別（直角にフシのある縦リブ横フシ型、斜めにフシのある斜めフシ形など）による差は認めることはできなかった。したがって現在代表的工場から市販されている異形鉄筋で JIS に十分適合するものにおいては、コンクリートのひびわれに与える効果は大差なく同一に取り扱ってよいものと考えられる。この試験ばりの破壊時には、まず引張鉄筋の応力度が降伏点に達し、その塑性伸びが増加してくるにつれてはりのたわみが大きくなり、圧縮側のコンクリートのひずみが限界に達し圧潰して破壊し、鉄筋コンクリートばりの強度は鉄筋の降伏点に比例して大きくなることが認められた。即ち、試験した高張力異形鉄筋はいずれも良好な付着性状を示し、これらを適当に用いた鉄筋コンクリートばりの静的曲げ強さは一般に鉄筋の降伏点にもとづいて算出することができるのである。

(2) 大型試験ばりの試験結果より、異形鉄筋は付着強度が大きいので曲げひびわれに対して丸鋼より有効であることが認められたが、有効となる程度は従来から行われていた ASTM の鉄筋の引抜試験（図-2 参照）による付着強度の差より小さくなっている。このため曲げひびわれと密接な関連を有するような試験方法について土木・建築両学会コンクリート連合委員会に於て研究が進められ、この一つとしてコンクリート供試体を通した鉄筋の両端を引張って、その付着強度をを求める両引試験方法（図-2 参照）について、共通試験が行われた。この共通試験の結果より、両引試験は ASTM の引抜試験などより、はりの曲げ引張部の状態をよりよく再現していることが認められた。（表-1 参照）

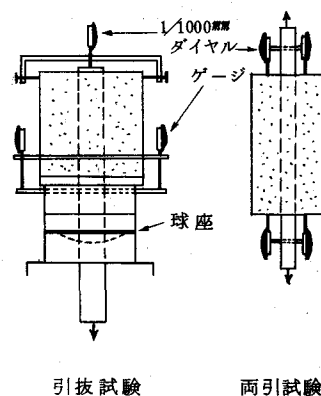
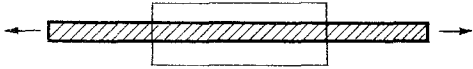


図-2 付着強度試験の方法

表-1 両引き試験結果の一例



鉄筋の種類		引抜け量が0.1mmとなる鉄筋応力度の比	
普通丸鋼		1.00	
JISに適合する異形鉄筋	直角フシ	1.40	平均 1.40
	斜フシ	1.45	
	"	1.47	
	"	1.29	
JISに適合しない異形鉄筋		1.09	
		1.03	

(3) 異形鉄筋は(1)~(2)でのべたようにひびわれに対しては有利であるが、鉄筋の表面に凸凹があるためここに応力集中が生じてその疲労強度は丸鋼より低下してくる。高張力異形鉄筋の疲労強度の研究は東大工学部、東大生産技術研究所、北海道大学、北海道開発庁研究所、鉄道技術研究所などで行われた。特に鉄道技術研究所では代表的メーカー数社の高張力異形鉄筋を使用した大型の試験ばりについて疲労試験を行った。この試験ばりの高さ50cm 圧縮縁のフランジ幅40cm、全長5m

スパン4.6mのT形ばりで、主鉄筋として直径25mmのものを3本使用したものである。荷重は集中2点荷重で、鉄筋の応力度の上限が2300Kg/cm²、下限が300Kg/cm²になるように荷重を増減した。この状態では100万回の荷重のくり返しに耐えたので、さらに上限を20%増加した荷重をくり返し加え、試験を継続した。この場合には2~3の試験ばりを除いて、つぎの50万回(通算では150万回)以下の荷重のくり返して鉄筋が疲労破断し、はりは破壊した。東大工学部で行われた小型ばりによる疲労試験結果もほぼ同様な結果となっている。

これらの試験結果から代表的な高張力異形鉄筋の200万回疲労強度は2500Kg/cm²以上であると結論されるが、繰返し荷重の影響の大きい土木構造物では鉄筋の疲労強度からその許容応力度が制限されることが多いものと思われる。

また、東京大学における研究によれば、各種高張力異形鉄筋における疲労強度が相違する主要原因はフシが鉄筋表面に取り付く取り付け部の勾配の緩急にあることが認められた。すなわち、この部分における応力集中の差異によるものであって、取り付け部を適当な円弧としたものの耐疲労性はきわめて良好であった。しかし応力集中の影響を余りに顧慮して、この部分の勾配をゆるくするとともにフシを滑らかにしたりすると、耐疲労性は改善されるが付着性状がいちじるしく劣ってくるので、これらの形状は慎重に定める必要がある。

(4) 以上の研究の外に高張力異形鉄筋を用いたコンクリート枕木についての研究がある。これは、高張力異形鉄筋を使用すればPC枕木に匹敵するコンクリート枕木が得られるのではないかと期待のもとに行われたもので、高張力異形鉄筋を用いれば列車荷重の繰返しに対しても疲労破壊をおこすことなく、十分安全なものが、設計製作できるものと考えられたからである。このような観点から各種の高張力異形鉄筋を用いて試験的に製作されたコンクリート枕木240本を、高崎本線に敷設した。現在約2年を経過しているが異状は全く認められていない。これと同時に試作された枕木について、実験室で静的曲げ試験および疲労試験も行われている。

(5) この外、異形鉄筋を用いた鉄筋コンクリートばりのせん断補強、異形鉄筋の重ね継手、異形鉄筋

の定着等に関する基礎研究も各所で行われている。

2. 高張力異形鉄筋の使用現況

我が国における高張力異形鉄筋は昭和34年頃より市販され出したのであるが、その後研究の進展にともない各種の大工事にもさかんに使用され始めた。特に昭和35年より始められた国鉄新幹線工事では、直径16mm以上の主鉄筋を原則としてSD30(当時のSSD49)またはそれと同等以上の鉄筋を使用するように設計基準を定めたため、全鉄筋量の60~80%が高張力異形鉄筋になっている。また道路橋、地下鉄等の工事においても数多く使用されている。

この高張力異形鉄筋の現場施工上の最大の問題点はその継手工法である。現在最も多く用いられる継手工法はガス圧接工法で、一部に電気圧接工法も用いられている。高張力異形鉄筋の圧接継手の静的強度及び疲労強度についてはまだ明らかでない点があるので、現在その研究が進められている。なおアーク溶接継手についても鋼材クラブの委員会で行われている。

3. 許容応力度についての鉄筋コンクリート標準示方書の原案

高張力異形鉄筋の許容応力度は、その構造物の種類および使用目的、部材寸法、鉄筋の種類などを考慮してこれを定めなければならないが、部材の耐久性および繰返し荷重の影響が問題にならないときは降伏点を基準として許容応力度を定めることができる。しかし土木構造物は風雨にさらされることが多く、ひびわれは鉄筋腐蝕の原因ともなるので、一般にその許容応力度は引張縁にでる最大の曲げひびわれ巾によって制限される。土木学会の委員会で行われた共通試験の結果から、0.2mm(一般に鉄筋腐蝕を考える場合の最大値とされている)の最大ひびわれ巾に対応する引張鉄筋の許容応力度は、普通丸鋼で 1600 Kg/cm^2 、JISに合する異形鉄筋で 2200 Kg/cm^2 程度としてよいことが判る。また、繰返し荷重の影響が大きく耐疲労性が問題となる場合には、実験結果に対して安全率を考慮すればその上限値は、 2000 Kg/cm^2 程度となる。

これらのことを考慮してJISの規定に合格する高張力異形鉄筋の許容応力度に関して鉄筋コンクリート標準示方書改訂委員会において現在審議中である。

引 用 文 献

- (1) オ2回異形鉄筋に関するシンポジウム講演概要、土木学会、昭和40年4月23日
- (2) オ20回土木学会年次学術講演概要、昭和40年5月
- (3) 土木学会論文集オ122号、昭和40年10月
- (4) 土木学会コンクリートライブラリーオ14号、昭和40年11月(予定)